

# **RPAS-LAITTEEN HYÖDYNTÄMINEN PIHASUUNNITTELUSSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, rakennettu ympäristö

Kevät, 2020

Juha Jääsarö

Rakennettu ympäristö

Lepaa

---

<b>Tekijä</b>	Juha Jääsärö	<b>Vuosi</b> 2020
<b>Työn nimi</b>	RPAS-laitteen hyödyntäminen pihasuunnittelussa	
<b>Työn ohjaaja</b>	Vesa Vuorinen	

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan RPAS-laitteen eli kauko-ohjatun ilma-aluksen hyödyntämistä pihasuunnittelussa. Tavoitteena on selvittää laitteen soveltuvuutta viherrakennuskohteen kuvauksessa ja kartoituksessa, sekä tarkastella kuva-aineiston hyödynnettävyyttä.

Työn tilaajana toimii PihaKorento Oy:n suunnitteluhortonomi Helga Andersson. Suunniteltavien kohteiden lähtötiedoissa on usein puutteita tai ne eivät ole ajan tasalla. Tilaajan toiveena on saada pihasuunnitteluun soveltuvaa pohja-aineistoa, joka olisi helposti käytettävissä suunnitteluohjelmassa.

Tämä työ sisältää DJI Phantom 4 Pro -kuvauskohterilla tehdyn lentotyön, jonka tavoitteena oli kerätä kuva-aineistoa suunnitteluvaiheessa olevasta uudisrakennuskohteesta. Kerätyn aineiston hyödynnettävyyttä on arvioitu ja kokeiltu VectorWorks-suunnitteluohjelmassa.

Johtopäätöksissä on tuotu esille tämän opinnäytetyön tekijän sekä suunnittelijan näkemyksiä RPAS-laitteesta. Niiden valossa voidaan todeta, että RPAS-laitetta pystytään hyödyntämään suunnittelutyössä. Eniten laitteesta on hyötyä silloin, jos kohteen lähtötiedot ovat puutteelliset. Tällöin RPAS-laitteella saaduilla tiedoilla voidaan täydentää puutteellista aineistoa.

RPAS-toimintaa rajoittavat vaikeat sääolosuhteet ja lainsäädäntöön liittyvät lentorajoitukset. Oleva kasvillisuus häiritsee kuvien tulkintaa aiheuttaen peitteisyyttä niihin. Paras kohde ilmakuvauskohteelle on avoin ja tasainen tontti. Tekniikan kehittyessä saadaan suunnitteluun soveltuvaa aineistoa myös haasteellisemmissä kohteissa.

**Avainsanat** Kartoitus, paikannus, pihasuunnittelu, RPAS, viherrakentaminen

**Sivut** 32 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Degree Programme in Landscape Design and Construction  
Lepaa

---

<b>Author</b>	Juha Jääsarö	<b>Year</b> 2020
<b>Subject</b>	Benefits of RPAS-device in landscape design	
<b>Supervisor</b>	Vesa Vuorinen	

---

ABSTRACT

This thesis studies the utilization of RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) in landscape design. The goal was to find out the suitability of the device in the aerial photography and mapping of a landscape construction site, and to examine the usability of the image material.

The work is commissioned by landscape designer Helga Andersson from PihaKorento Oy. The background data of planned sites are often defective or out of date. The commissioner is wishing to have basic data suitable for landscape design, which would be easy to use in the design programme.

This work includes the flight with a DJI Phantom 4 pro aerial video and photo shooting copter. The goal was to collect image and video data from a new construction site under design. The usability of the collected material was evaluated and tested in the VectorWorks design programme.

The conclusions present the views of the author of this thesis and the designer about the RPAS device. In the light of them, it can be stated that the RPAS device can be utilized in the design work. The device is the most useful if the construction site's background data is defective. In this case, the data obtained with the RPAS device can be used to complete the defective data.

RPAS operations are limited by difficult weather conditions and regulated flight limitations. The existing vegetation causes opacity in pictures making the interpretation of the images difficult. The best place for aerial photography is an open and flat ground. As technology develops, it is possible to get design material in more challenging sites.

**Keywords** Mapping, positioning, landscape design, RPAS, landscape construction

**Pages** 32 pages including appendices 2 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	PIHASUUNNITTELU JA TIEDONHANKINTAMENETELMÄT VIHERALALLA.....	2
2.1	Tilaaja .....	2
2.2	Pihasuunnitteluprosessi .....	3
2.3	Paikkatieto.....	5
2.4	Viherympäristön mittaus.....	6
2.5	Viherympäristön kartoitus ja inventointi.....	7
2.6	Miehittämätön ilmailu.....	8
2.7	Toiminta RPAS-laitteella .....	9
3	SUUNNITTELUKOHTEN POHJATIEDOT JA LÄHTÖTIETOJEN KARTOITTAMINEN RPAS-LAITTEELLA.....	11
3.1	Suunnittelukohteen lähtötiedot.....	11
3.2	Lentotyö RPAS-laitteella .....	14
4	TULOSTEN ESITTELY .....	17
4.1	Ilmakuvat ja videot .....	17
4.2	Ilmakuva suunnitelman pohjakuvana.....	19
4.3	Ortokuva .....	20
4.4	Ortokuva suunnitelman pohjakuvana .....	23
4.5	Yhteenveto tuloksista .....	26
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	27
	LÄHTEET .....	29

## Liitteet

Liite 1      Lentotoimintaa koskeva tarkistuslista



## 1 JOHDANTO

RPAS-laitteille (Remotely Piloted Aircraft System, kauko-ohjatun ilma-aluksen kokonaisjärjestelmä) etsitään jatkuvasti uusia käyttökohteita. Sitä käyttävät työssään jo poliisit, pelastushenkilökunta, sekä erilaiset media-alan osaajat. Myös viher- ja rakennusosalalla sen mahdollisuuksia on alettu kokeilla erilaisissa mittaus- ja kartoitustehtävissä. Aiheesta on tehty aikaisemminkin onnistuneita opinnäytetöitä, kuten Mikko Kanniaisen RPAS-mittaus infrarakentamisessa (Kanniainen, 2018.) Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten RPAS-laitteisto toimii pihasuunnittelijan työkaluna.

Kiinnostus RPAS-toimintaan alkoi kauko-ohjatut ilma-alukset biotaloudessa opintomoduulissa (HAMK 2019). Sieltä saatuja tietoja ja taitoja on hyödynnetty tässä opinnäytetyössä. Työn aihe vahvistui kun sille saatiin tilaajaksi PihaKorento Oy, ja sitä kautta löydettiin myös sopiva tutkimuskohde.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia käytännön tasolla RPAS-laitteiston soveltuvuutta pihasuunnittelussa. Tutkimuksessa tarkastellaan suunnittelijan lähtötietoja suunniteltavasta uudisrakennuskohteesta, sekä RPAS-laitteella hankittuja tietoja samasta kohteesta. Tämän tarkoituksena on selvittää, pystyykö suunnittelija hyödyntämään RPAS-laitteella tuotettua aineistoa työssään. Tutkimuksessa selvitetään myös RPAS-laitteiston vahvuudet ja heikkoudet viherrakennuskohteen kuvauksessa ja kartoituksessa.

Tämän työn tavoitteena on vastata kysymykseen: onko RPAS-laitteistosta hyötyä pihasuunnittelussa? Työn tilaajana toimii PihaKorento Oy:n suunnitteluhortonomi Helga Andersson. Tilaajan toiveena on saada pihasuunnitteluun soveltuvaa pohja-aineistoa suunnitelmien toteuttamiseen, sekä luopua ulkopuolisten mittauspalveluiden käytöstä. Tutkimuskohdeena toimii suunnitteluvaiheessa oleva uudisrakennuskohde Hyvinkäällä.

## 2 PIHASUUNNITTELU JA TIEDONHANKINTAMENETELMÄT VIHERALALLA

### 2.1 Tilaaja

PihaKorento Oy on vuonna 2012 perustettu, pääasiassa yksityisten omakoti- ja rivitalopihojen suunnitteluun sekä toteutukseen keskittyvä yritys. Yrityksen omistaa suunnitteluhortonomi Helga Andersson, joka vastaa myös pihojen suunnittelusta. Suunnittelua tehdään lähes ympäri vuoden, mutta pihojen rakentaminen on kausiluonteista. Viherrakentamista tehdään huhtikuusta marraskuuhun keleistä riippuen. Rakentamisen ohessa tehdään myös pihojen hoitotöitä, kuten:

- lannoitukset
- rikkakasvien torjunta
- puiden ja pensaiden hoitoleikkaukset
- kanttaukset
- pihan yleinen siistiminen

Pihan toteutus alkaa aina suunnittelulla. Pihojen suunnittelu aloitetaan aina ilmaisella asiakaskäynnillä. Paikan päällä käydään läpi asiakkaan toiveet ja tyyli, otetaan tarvittavat mitat ja muodostetaan kokonaiskuva pihasuunnitelman tavoitteista. Tältä pohjalta tehdään suunnittelutarjous, jonka hyväksymisen jälkeen aloitetaan työt. Jotta lopputulos varmasti vastaa odotuksia, tehdään ensin alustavan luonnos, jota muokataan kommenttien perusteella. Vasta kun asiakas on tyytyväinen kokonaisuuteen, viimeistellään pihasuunnitelma. Suunnitelma sisältää 2D-piirustuksen pihasta, kasvilistan tarkkoine kasvimäärineen ja kokoineen, kustannusarvion toteutuksesta ja inspiroivan kuvakollaasin kasveista ja materiaaleista. Yleensä suunnitelma saadaan tehtyä muutamassa viikossa. Suunnitelmia tehdään mielellään myös talvella, kunhan ehditään katsoa kohdetta ennen lumien tuloa. (Pihakorento, 2020)

Viherrakentaminen toteutetaan PihaKorennolla laadusta tinkimättä. Tämä tarkoittaa laadukkaita materiaaleja ja hyvää työnjälkeä. Erityisosaamiseen kuuluu kivi-, puu- ja istutustyöt, kuten:

- kivetykset (betoni- ja luonnonkivi)
- terassit (puu ja komposiitti)
- nurmikot (kylvö- ja siirtonurmi)
- istutusalueet (istutusaltaat ja rajatut istutuspenkit)
- istutukset

Viherrakentaminen voidaan toteuttaa kokonaisurakkana tai tuntiperusteisena. Suuremmille projekteille suositellaan urakkaa ja pienemmät hoituvat kätevimmin tuntiveloituksella (Pihakorento.fi 2020).

## 2.2 Pihasuunnitteluprosessi

Pihasuunnitteluun liittyy eri työvaiheita. Näitä ovat:

1. Esisuunnittelu
2. Luonnos
3. Lopullinen suunnitelma asiakirjoineen

Esisuunnittelun tavoitteena on kerätä kaikki tarvittavat lähtötiedot, jotka liittyvät suunnittelutehtävään (Virtanen, 2015). Näitä tietoja ovat esim. asemapiirros, kaavamääräykset, muu kuva- ja kartta-aineisto, sekä haastattelut. Tähän työvaiheeseen liittyy myös maastokäynti, jonka tarkoituksena on Virtasen (2015) mukaan kerätyn tiedon täydentäminen ja tiedon ajan tasalla olon tarkistaminen. Maastokäynnillä voidaan tarkastella kohdetta visuaalisesti, ja siihen voi liittyä esimerkiksi piirtämistä, valokuvausta ja videokuvausta. Näin saadaan talteen aineistoa, mitä voidaan hyödyntää suunnittelutyössä. Maastokäynnillä kannattaa kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

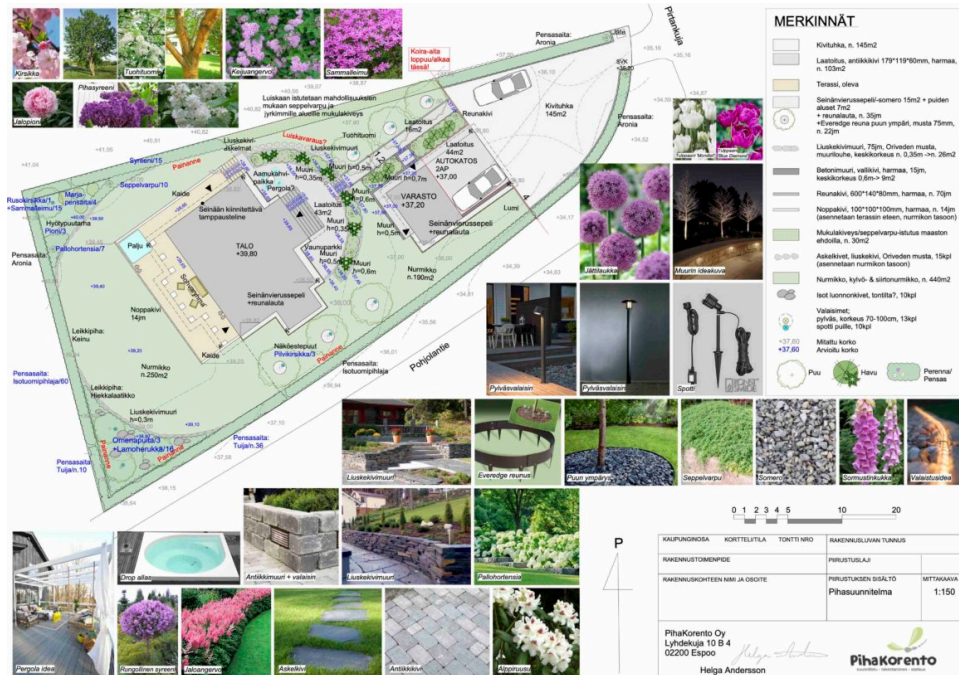
- Maastonmuodot
- Aurinko-varjo
- Kuiva-kostea
- Yksityinen-julkinen
- Näkymät
- Liittymät
- Olevat rakenteet
- Oleva kasvillisuus
- Maanalaiset rakenteet (infra)
- Vallitsevat tuulet
- Talo ja tontti suhteessa naapureihin ja ympäröivään luontoon

Virtasen (2015) mukaan ennen lopullista suunnitelmaa laaditaan luonnos/idealuonnos, jossa hahmotellaan pihan perusidea. Siinä mietitään tilavaatimuksia ja tilojen toimivuutta, sekä hahmotellaan pihan toimintoja (parkkipaikat, oleskelualueet) ja pihalla liikkumista (ajoväylät, käytävät, polut). Luonnos esitetään asiakkaalle, ja hyväksymisen jälkeen alkaa yleissuunnitelman laadinta. Julkisille tehdyt luonnokset esitetään asukastilaisuudessa. Esityksessä kannattaa edetä loogisesti ja perustella suunnitteluratkaisut.

Lopullinen pihasuunnitelma (Kuva 1.) sisältää vähintään kuva-aineiston (piirustukset, havainnepiirustukset, detaljit, tekniset piirustukset), sekä tekstiaineiston (työselitys, materiaaliluettelo, mahd. kustannusarvio, mahd. hoito-ohjeet) (Virtanen, 2015). Yleissuunnitelma on tarkka mitoitukseltaan ja siitä löytyy seuraavia asioita:

- Tilajako
- Toiminnot

- Liikkuminen
- Maaston muotoilu (mahd. erillinen tasaussuunnitelma)
- Kasvillisuus (mahd. erillinen istutussuunnitelma)
- Rakenteet (detaljit: tukimuurit, portaat, aidat...)
- Pinnoitteet
- Valaistus (ainakin sijainti ja valaisintyyppit)
- Kalusteet ja varusteet (sijainti, tyyppi)
- LVI-tekniikka (kuivatuksen periaatteet, SV-kaivojen sijainti, kallistukset)



Kuva 1. Pihasuunnitelma (Pihakorento.fi 2020).

Virtasen (2015) mukaan työselitys on tekstiosa, jossa selostetaan hankkeen toteuttamiseen ja laatuun liittyvät seikat aiheittain. Siinä viitataan yleensä alan hyväksymiin työselityksiin (VRT, Infra-RYL, RYS-9 1998). Lopuksi piirustukset ja muut asiakirjat tulostetaan asiakkaalle tai luovutetaan 2D PDF-tiedostona.

Uudiskohteen pihasuunnitelma kannattaa tehdä ajoissa, mielellään silloin kun taloa ollaan suunnittelemassa. Silloin voidaan huomioida maanrakennustöissä pihatöiden vaatimuksia, esimerkiksi ajaa ylimääräiset maa-ainekset pois tontilta. Jotain täyttömaaksi tai rakennusmateriaaliksi kelpaavaa maa-ainesta voidaan myös hyödyntää pihatöissä. Usein ongelmana on kuitenkin se, että varastokasat eivät mahdu tontille rakennusurakan ajaksi. (Andersson, 2020)

## 2.3 Paikkatieto

Paikkatietoa käytetään mm. kunnallistekniikan suunnittelussa, luonnonvarojen ja viheromaisuuden hallinnassa sekä kunnossapidon ohjauksessa (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 35). Sitä voidaan hyödyntää esim. mittauksissa, kartoituksissa ja inventoinneissa. Erilaiset GPS-maastotallentimet ovat tyypillisiä paikkatietolaitteita.

Paikkatieto on määrättyyn sijaintiin sidottua tietoa, joka koostuu sijaintitiedon ja ominaisuustiedon yhdistetystä kokonaisuudesta. Yleensä sijainti esitetään koordinaatein tai osoittein, mutta sijainti voidaan esittää myös viittaamalla kohteisiin, joiden sijainti on tiedossa. Kun sijainti tiedetään, on tietojen esittäminen kartassa mahdollista tai paikkatietojen välisiä suhteita voidaan analysoida sijaintiin perustuen. Perinteisintä paikkatietoa edustavat karttatiedot, mutta paikkatietoa on myös useissa rekistereissä ja tietokannoissa. Maastotiedot, ympäristön ja ympäristön tilan, luonnonvarojen sekä maankäytön tiedot ovat paikkatietoa. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 34)

Maanmittauslaitoksen maastotietokanta on ainoa koko maan kattava ja jatkuvasti ajantasaistettava paikkatietoaineisto. Kaikki Maanmittauslaitoksen kartat, sähköiset karttapalvelut ja rajapinnat tuotetaan maastotietokannasta. Maastotietokannan päivittäminen on yhteistyötä useiden eri toimijoiden kanssa. Tärkeitä yhteistyökumppaneita ovat muun muassa kunnat ja energiayhtiöt. Karttatietojen lisäksi maastotietokanta sisältää ilmakuvat, laserkeilausaineistot, korkeusmallit ja nimistön. Karttapaikka-palvelussa pääsee tutustumaan maanmittauslaitoksen maastokarttoihin, ilmakuviin ja taustakarttoihin. (Maanmittauslaitos, 2020)

Paikkatietotekniikka on perinteistä tai erikoistunutta tietotekniikkaa, jonka avulla paikkatietoa kerätään, varastoidaan, käsitellään ja havainnollistetaan. Erikoistunutta tekniikkaa ovat mm. erilaiset mittaus-, digitointi-, kuvatallennus- ja tulostuslaitteet, ohjelmistojen karttakäyttöliittymät, sijaintitiedon hallintajärjestelmät, sekä alueellisiin ja muihin sijainnillisiin analyyseihin kehitetyt ohjelmistot. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 34)

Koordinaattijärjestelmien merkitys paikkatietojärjestelmiä käytettäessä on suuri, sillä paikkatietojärjestelmien erilaisten aineistojen yhdistely on mahdollista koordinaattitiedon perusteella. Jokainen tietokanta muodostaa karttaan yhden tason, joten lisäämällä tai poistamalla tietokantoja saadaan haluttu näkymä kartalle. Koordinaattien ansiosta kohteet sijoittuvat oikein kartalle. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 36)

## 2.4 Viherympäristön mittaus

Mittaustekniikkaa tarvitaan rakennuttamisprosessin eri vaiheissa. Sen tarve vaihtelee mm. kohteen vaativuuden mukaan. Suunnittelun lähtökohdaksi tarvitaan tiedot kohteen nykytilanteesta. Karttatiedot koskevat olemassa olevien rakennusten, rakenteiden ja kasvillisuuden sijaintia ja korkeusasemia. Mittaus voi sisältää koko alueen kartoituksen tai täydennystä olemassa oleviin tietoihin. Suunnitelmat tehdään lähes poikkeuksetta suunnitteluohjelman avulla. Näin kartoitetut tiedot tarvitaan suunnitteluohjelman pohjatiedoksi. Mittausten tavoitteena on saada riittävät lähtökohtatiedot suunnittelun pohjaksi. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 7)

Mittausvälineitä on paljon. Se mitä mittausvälinettä käytetään milloinkin, riippuu siitä mitä, missä ja miten mitataan. Maastossa tehtäviä mittauksia ovat

- linjaus
- kulman mittaus
- korkeuden mittaus

Linjausta tarvitaan lähtötietojen kartoittamiseen tai rakentamisen sijaintipisteiden mittaukseen. Linjauksessa käytettäviä välineitä ovat

- linjalanka
- linjaseipäät
- laserlaitteet
- takymetri

Maastossa tehtävät sijainnin mittaukset perustuvat usein kulman mittaukseen. Kulman mittaamisessa käytetään

- mittanauhaa
- kulmaprismaa
- laserlaitetta
- teodoliittia
- takymetriä

Korkeusmittausta tarvitaan viherympäristön suunnittelussa ja rakentamisessa. Korkeuden mittaamiseen käytetään

- vesivaakaa
- vaaituskonetta
- laserlaitteita
- satelliittipaikannusta
- ilmakehuvausta ja laserkeilausta

Korkeusmittausta on myös mahdollista tehdä ortokuvasta, kun kohteesta on tiedossa signaalipisteitä (Ground Control Points). Pisteiden mittaamiseen tarvitaan avuksi muuta mittauskalustoa, esim. GNSS-laitteisto. Kehittyneemmät ammattikäyttöön tarkoitetut dronet osaavat määrittellä sijaintipisteet automaattisesti.

Satelliittipaikannus ja -mittaus ovat perustuneet nykyhetkeen asti käytännössä GPS-järjestelmään (Global Positioning System), joka on Yhdysvaltojen puolustushallinnon ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä. Vastaavanlaisia paikannusjärjestelmiä ovat myös mm. venäläinen GLONASS ja Euroopan Unionin suunnittelema Galileo. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 86) Uutta maailmanlaajuista satelliittipaikannusjärjestelmää kutsutaan nimellä GNSS (Global Navigational Satellite System). Sen tavoitteena on eri paikannusjärjestelmien yhteiskäyttö.

## 2.5 Viherympäristön kartoitus ja inventointi

Rakennetussa viherympäristössä tehdään erityyppistä havainnointia käyttötarkoituksen vaatimusten mukaisesti. Havainnointia voidaan tehdä ilman teknisiä apuvälineitä. Silloin tutustutaan alueeseen ja sen yksityiskohtiin. Voidaan etsiä rajapyykkeitä tai muita tunnettuja maamerkkejä. Samoin voidaan tutustua olemassa olevaan kasvillisuuteen, ympäristörakenteisiin ja rakennuksiin. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 94) Suunnittelutyössä tämän tyylistä havainnointia tehdään yleensä maastokäynnillä. Silloin suunnittelijalla on mahdollisuus myös kirjata ja valokuvata tehtyjä huomioita.

Kaukokartoitus tai ”kaukohavainnointi” tarkoittaa erilaisten maanpinnan kohteiden mittaamista ilman fyysistä kosketusta mittauspaikkaan. Tietoa kerätään satelliiteista, lentokoneista ja nykyisin myös muistakin lennätettävistä laitteista. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 97) Tunnettuja kaukokartoituksen muotoja ovat ilmakeilaus ja laserkeilaus.

Ilmakuva on ilmasta otettu valokuva. Ilmakuvauksella tuotetaan pääsääntöisesti karttoja. Ilmakeilaus tehdään kartoitusalueelta suunnitelman mukaisesti. Kuvausta tehdään jonoina, jolloin tarvittava peittävyys saavutetaan. Näin yksittäiset kuvat peittävät tietyn verran viereistä kuva-aluetta (pituuspeitto ja sivupeitto). Näin varmistutaan koko kuvattavan alueen stereomallista. Kuvaustapana on pystykuvaus ja lentokorkeus on kartoituksen tarkkuusvaatimuksen mukainen. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 97)

Ortokuva tuotetaan kartoituskuvauksessa otetuista ilmakuvista. Sitä voidaan käyttää kartoituksessa, ympäristön suunnittelussa ja seurannassa. Värikuva tai mustavalkoinen ortokuva sopii suunnitteluun tai taustaineistoksi erilaisille karttaesityksille. (Maanmittauslaitos, 2020a)

Ilmakuivat, kuten muutkin kaukokartoituksessa kameralla tuotetut aineistot vääristyvät reunoiltaan ja ovat oikeassa paikassa ainoastaan suoraan kuvan alapuolella, eli nadiiripisteessä. Kamera on luonteeltaan keskusprojektiivinen, kun kartat taas ovat ortogonaaliprojektiossa. Karttaprojektioon oikaistua ilmakuva kutsutaan ortokuvaksi tai ortoilmakuvaksi. Orto-oikaisussa käytetään apuna kohteen pintamallia tai maanpintamallia. Kuvan perspektiivi muutetaan kohtisuoraksi yhdensuuntaisprojektioksi. Yksittäisistä ilmakuvista muodostetaan kuvamosaiikki, yhdistämällä ne yhdeksi isoksi kuvaksi. Tällä tavalla keskusprojektiivisuudesta johtuvaa kuvan reuna-alueiden vääristymät saadaan minimoitua. Tällaista kuvaa kutsutaan ortomosaiikiksi. (Haggrén 2002 & Honkavaara 2005)

Laserkeilaus pystyy tuottamaan luotettavaa maanpinnan korkeustietoa metsäisillä ja rehevillä alueilla puiden ja muun kasvillisuuden alta. Korkeustuotannon kannalta paras keilausajankohta on kuitenkin lehdetön ja lumeton aika, jolloin puiden lehdet ja aluskasvillisuus eivät aiheuta korkeusvirhettä. Laserkeilausta eivät rajoita valon määrä, eivätkä pienet puutteen sääolosuhteissa, joten sitä voidaan tehdä myös pimeässä. Laserkeilaamalla voidaan mitata metsää jopa yhden puun tarkkuudella. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 98)

Viheralueiden kartoituksessa ja inventoinnissa käytetään myös GPS-maastotallentimia. Satelliittipaikantimilla tai -mittauslaitteilla tehtävässä työssä pitää huomioida satelliittien sijainti suhteessa mitattavaan tai kartoitettavaan alueeseen. Epäsuotuisa satelliittigeometria (satelliittien sijainti toisiinsa nähden) ja mahdollinen puista tai rakennuksista johtuva peitteisyys aiheuttavat hitautta ja mahdollisesti virheitä mittaustuloksiin. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 99)

Mittauskirjaston merkitys kartoituksen tai inventoinnin tehokkuuteen ja laatuun on suuri. Huolellisesti laadittu mittauskirjasto auttaa varmistamaan tarvittavien tietojen keruun ja nopeuttaa työskentelyä maastossa. (Eskola & Peltoniemi, 2011, s. 100)

## 2.6 Miehittämätön ilmailu

Miehittämätön siviili-ilmailu kasvaa voimakkaasti. Kuluttajatasen laitteita, joita käytetään harraste tarkoituksissa, on saatavilla erittäin paljon, eikä laitteiden hinnat ole ongelma toiminnan aloittamiseksi. Siirtyminen harraste toiminnasta kaupalliseen käyttöön ei ole suuri ja useat toimijat ovatkin aloittaneet työt harrastekäyttöön tarkoitetuilla laitteilla. Laitteille löydetään jatkuvasti uusia käyttökohteita ja käyttäjiä tulee jatkuvasti lisää. (Lientola, 2019)

Miehittämätön ilma-alus on ilma-alus, joka on tarkoitettu käytettäväksi ilman mukana olevaa ohjaajaa. Miehittämättömät ilma-alukset on myös varustettu jotain tiettyä tehtävää, kuten esim. valokuvaamista tai



mittaamista varten. Miehittämättömien ilma-alusten alakategoria kauko-ohjatut ilma-alukset ovat miehittämättömiä ilma-aluksia, joita ohjaa kauko-ohjaaja (remote pilot) tai joiden toimintaan kauko-ohjaaja pystyy tarvittaessa puuttumaan. (Droneinfo, 2019) Traficom suosittelee käyttämään järjestelmästä nimitystä RPAS (Remote Piloted Aircraft System) eli kauko-ohjattu ilma-alus järjestelmä.

Miehittämätöntä ilmailua koskee tietyt säännöt ja lainsäädäntö. Pitkään valmisteilla ollutta EU-droneasetusta aletaan soveltaa Suomessa siirtymäaikojen jälkeen. Säännöt eivät koske sisätiloissa tapahtuvaa lennätystä. Tavalliselle harrastajalle näkyvimmat muutokset säännöissä ovat rekisteröitymisvelvoite, koulutukset sekä laitteita koskevat vaatimukset vuodesta 2022 alkaen. Siirtymäajoista lyhin päättyy 1.7.2020, jolloin astuu voimaan uudet säännöt lentotoiminnalle, laajemmat rekisteröintivelvoitteet, koulutusvaatimukset piloteille, sekä uusi riskiarviointimenettely vaativammalle toiminnalle. (Droneinfo.fi 2020)

EU-asetus jakaa toiminnan kahteen eri kategoriaan. Avoimessa kategoriassa toiminta on aina näköyhteydessä, alle 120 m korkeudessa, alle 25 kg droneilla, ja toimijoiden tulee useimmiten rekisteröityä ja läpäistä teoriakoe. Jos toiminta ylittää minkä tahansa rajoituksen avoimessa kategoriassa, toiminta siirtyy Erityiseen kategoriaan. Erityinen kategoria perustuu riskiarvioinnille, jonka perusteella toimijan pitää tehdä vähintään ilmoitus, tai hakea lupaa toiminnalle viranomaiselta. (Droneinfo, 2020)

## 2.7 Toiminta RPAS-laitteella

Tämä tutkimus sisältää lentotyön DJI Phantom 4 Pro -kuvauskopterilla (Kuva 2). Laitteen tärkeimpiä osia ovat runko, akku, propellit, kamera ja gimbaali. Runko on X-muotoinen ja siinä on neljä moottoria, joihin propellit kiinnitetään. Rungon sisällä on gyroskoopit sekä anturit, jotka säätelevät kopterin liikkeitä. Akku tuo droneen suurimman painon. Yhdellä täyteen ladatulla akulla lentää turvallisesti noin 20 minuuttia, joten isoissa operaatioissa kannattaa olla mukana useampi akku tai latauspiste. Kamera on 20 MP (Mega Pixeliä) ja 4 K kuvanlaatua kuvaava. Gimbaali on kameranvakaaja, minkä ansiosta kuva on selkeää ja tasaista.



Kuva 2. DJI Phantom 4 Pro (Jääsarö, 2020).

Tyypillinen käyttökohde RPAS-laitteelle on kuvaaminen, jossa tuotetaan still-kuvaa eli perinteistä valokuvaa tai videokuvaa. Kuvaamista tehdään samoihin tarkoituksiin kuin still- tai videokuvaa muutenkin käytettäisiin. Kuvia vain saadaan RPAS-laitteella ilmasta käsin ja kuvakulmat ovat sellaisia joihin aiemmin tarvittiin miehitettyä ilma-alusta. RPAS-laite toimii tässä kameran jalustana, jolla päästään sellaisiin paikkoihin joihin ei muuten päästäisi. (Lientola, 2019)

Säätöla vaikuttaa lennon turvallisuuteen sekä myös lennolla tuotettavan kuvamateriaalin tai muun materiaalin laatuun. RPAS toiminnassa lentokorkeus on usein matala, joten säätilassa voidaan nojata maanpinnan säätietoihin. Säättiedot voidaan katsoa erikseen ilmailijoille tarkoitettuun ilmailusää-palvelusta, tai ihan normaalista säättiedoituksesta, kuten Ilmatieteenlaitoksen tai Forecan täsmäsäästä. Säätilan tarkkailussa tulee kiinnittää huomiota sade- ja tuuliolosuhteisiin ja käytettävän RPAS-kaluston rajoitukset sään suhteen on tunnettava. (Lientola, 2019)

RPAS toimintaan tarvittava tai suositeltava varustus poikkeaa huomattavasti, riippuen keneltä asiaa kysytään. Turvallisuus on tässäkin asiassa tärkeä, joten kalusto ja varusteet on oltava sellaiset että tehtävä voidaan turvallisesti suorittaa. Tarvittavaan varustukseen vaikuttaa myös lentotehtävän luonne ja ympäristö jossa työtä tehdään. (Lientola, 2019)

Lennon valmisteluun ja toteutukseen on hyvä laatia tarkistuslista (liite 1), joka käydään lävitse kun toiminta kauko-ohjauspaikalla aloitetaan. Tarkistuslista kulkee laitteiston mukana ja se löytyy myös toimintakäsikirjasta muiden lentotoiminnan ohjeiden lisäksi. Tarkistuslista käydään lävitse aina lentotoimintaa aloitettaessa ja siitä myös tarkistetaan toiminnan eteneminen lentotoiminnan kestäessä. (Lientola, 2019)

### 3 SUUNNITTELUKOHTEN POHJATIEDOT JA LÄHTÖTIETOJEN KARTOITTAMINEN RPAS-LAITTEELLA

#### 3.1 Suunnittelukohteen lähtötiedot

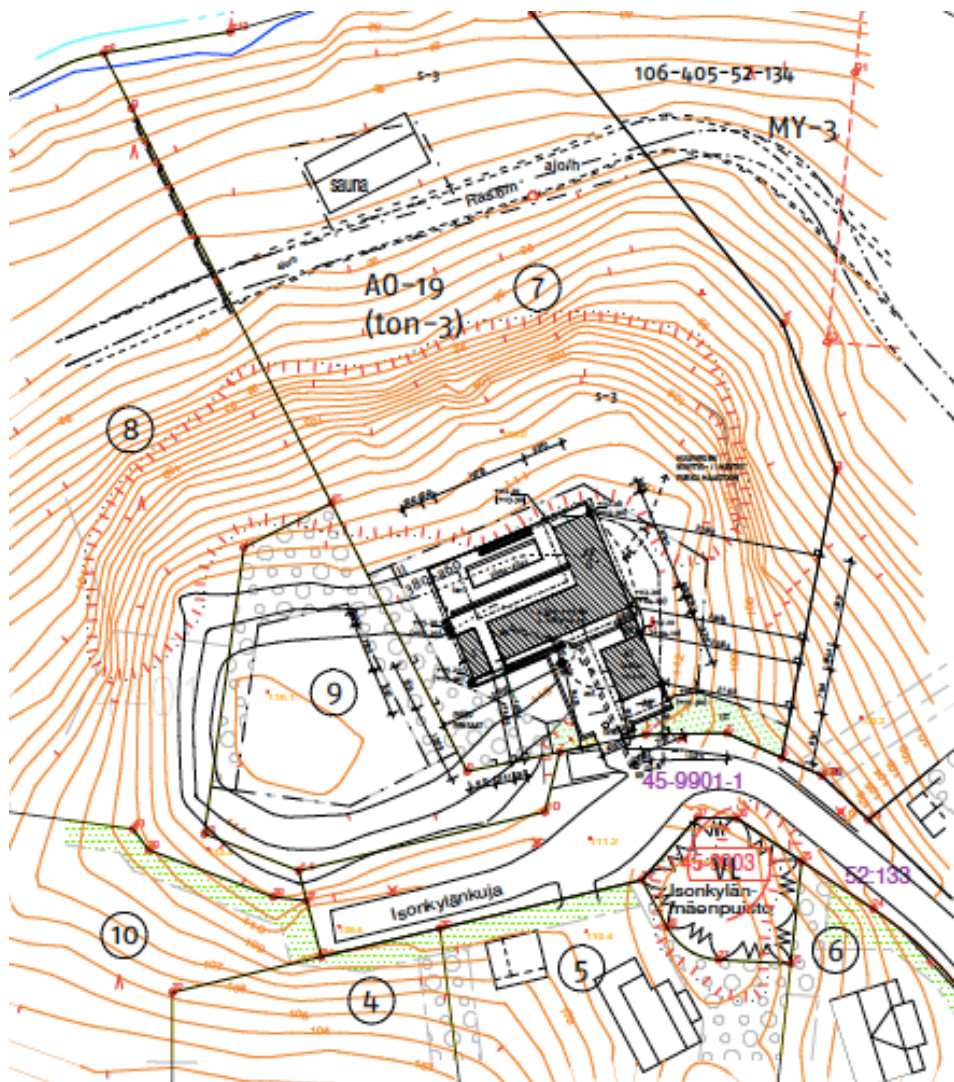
Tässä työssä esiintyvä suunnittelukohde sijaitsee Hyvinkäällä. Hyvinkää on lähes 47 000 asukkaan kaupunki Pohjois-Uudellamaalla reilun puolen tunnin päässä pääkaupungista. Kaupunki on säilyttänyt luonnonläheisyytensä ja tarjoaa ulkoilijalle ja liikunnan ystävälle erinomaiset harrastusmahdollisuudet. Hyvinkään ilme on kasvun myötä muuttunut paljon, mutta myös perinteitä on kunnioitettu. Keskustassa on korkeitakin kerrostaloja, mutta ennen muuta Hyvinkää on omakotitalojen kaupunki, josta etsitään tasapainoista, henkisesti rikasta ja luonnonläheistä elämää. (Hyvinkää, 2020)

Tässä työssä keskitytään Hyvinkäällä sijaitsevaan uudisrakennuskohteeseen, johon rakennetaan omakotitalo ja autokatos vuoden 2020 aikana. Rakennusten suunnittelusta vastaa Plusarkkitehdit Oy, joka on vuodesta 2005 saakka toiminut yksilöllisten pientalojen ja loma-asuntojen suunnitteluun erikoistunut yritys. (Plusarkkitehdit.fi 2020)

Talon materiaalit ja värimaailma on luonnomukainen. Yläkerta on hirttä ja alakerta pääosin luonnonkivellä pinnoitettuja betonielementtejä. Terrassin kansi tulee olemaan lehtikuusta. (Lahti, 2020) Terrassille on suunniteltu myös iso uima-allas.

Viherrakennustyöt aloitetaan aikaisintaan syksyllä 2020. Pihasuunnittelu on aloitettu syksyllä 2019, ja suunnittelijana toimii PihaKorento Oy:n suunnitteluhortonomi Helga Andersson. Suunnitelmasta on tehty luonnos (Kuva 4). Se on toteutettu Vectorworks-suunnitteluohjelmalla ja siinä on käytetty pohjana asemapiirrosta (Kuva 3). Lopulliseen suunnitelmaan tarvitaan lisää tietoa kohteesta, kuten oleva kasvillisuus (puut), sekä tarkempaa tietoa maaston muodoista ja koroista. Asemapiirroksesta saadaan kuitenkin hyödyllistä tietoa, kuten rakennusten sijainti, tontin rajat ja korkeustietoja korkeuskäyrinä.

Kiinteistön kokonaispinta-ala on 9091m<sup>2</sup>, ja se sijaitsee Hyvinkään Kytäjärven rannalla. Rannan tuntumaan on rakennutettu saunarakennus muutama vuosi sitten, ja sinne on tarkoitus tehdä kulku tulevasta asuinrakennuksesta. Talo rakennetaan korkean kukkulan laelle, joten kulku asuinrakennukselta saunalle pitää toteuttaa portailla. Rinteen kaltevuus on vaihteleva, ja tasaisilla osuuksilla tulee olemaan lepotasoja, pitkospuukäytäviä tai polkuja. Suunnittelun kannalta olisi siis hyvä saada useita korkopisteitä rinteestä, jotta portaat voidaan mitoittaa tarkemmin.



Kuva 3. Asemapiirros (Plusarkkitehdit, 2019).

Asiakas haluaa modernia ja luonnonmukaista pihaa, mikä sopii hyvin lähellä olevaan luontoon, sekä talon värimaailmaan. Toiveena on pelinurmikko, nuotiopaikka ja hyötynuutarha.

Pihan materiaaleina käytetään pääasiassa luonnonkiviä ja puuta. Rajauksissa ja pengerryksissä hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan tontilta louhittuja, sekä maastosta löydettyjä kiviä. Muihin kivetyksiin käytetään noppakiviä (etupiha), mukulakiviä (seinänvierukset) ja liuskekiviä (askelmat). Saunarakennukselle johtavat portaavat rakennetaan luultavasti samasta materiaalista kuin terassi.

Kasvillisuudessa otetaan myös huomioon luonnonmukaisuus. Metsäpohjamatolla (kunta) saadaan maisemoitua rakennettu piha ympäröivään luontoon sopivaksi. Sekaan istutetaan uusia mäntyjä, joita ympärillä on jo ennestään. Myös muita havuja, kuten kääpiövuorimäntyjä ja pylväskatajia, on suunniteltu istutuspenkkeihin. Muita suunniteltuja kasveja ovat mm. alppiruusut, pallohortensiat, keijuangervot ja





### 3.2 Lentotyö RPAS-laitteella

DJI Phantom 4 Pro on kuvauskooperi, eli se on varustettu pääasiassa ilmasta tehtävää valokuvausta ja videokuvausta varten (Kuva 5). Kuvaamisessa käytettiin DJI GO sovellusta. Siinä voidaan määrittellä kuvausasetuksia automaattisesti tai manuaalisesti, kuten tavallisessa digikamerassakin. Kuvauksissa käytettiin automaattiasetuksia ja valkotasapaino asetettiin sään mukaan (sunny tai cloudy). DJI GO:ssa määritetään myös ilma-aluksen asetuksia, kuten koneen maksimi lentokorkeus ja -etäisyys kauko-ohjaajasta.



Kuva 5. DJI Phantom 4 Pro kamera (Jääsärö, 2020a).

Kauko-ohjaimella käynnistetään moottorit ja ohjataan dronen liikkeitä. Ohjaimen kiinnitetyn tietokoneen ruudulta voidaan seurata esimerkiksi lentokorkeutta ja -etäisyyttä, sekä kameran osoittamaa kuvaa. Tablettitietokoneella säädetään lento- ja kamera-asetuksia. Koneelle voidaan ladata myös erilaisia sovelluksia (esim. Pix4Dcapture), joita voidaan hyödyntää lentotehtävissä. Tavalliseen lentämiseen ja kuvaamiseen käytetään DJIGO sovellusta.

Lennätykset tehtiin Hyvinkäällä. Niiden tavoitteena oli kerätä mahdollisimman paljon tietoa, mistä voisi olla hyötyä suunnittelutyössä. Kohteessa otettiin ilmakuvia ja videoita, joista voidaan nähdä yleiskuvaa rakennuskohteesta sekä tehdä havainnot esimerkiksi olevasta kasvillisuudesta. Lisäksi tehtiin kartoituslento hyödyntäen Pix4Dcapture sovellusta. Kartoituslennon tavoitteena oli saada kuva-aineistoa ortokuvan tuottamiseen.

Lennon valmistelu alkaa lennätystehtävän suunnittelulla. Siinä määritellään

- lennon toteuttaja
- käytettävä ilma-alus
- lentotyön tehtävä: Miksi ollaan lentämässä ja mitä on tarkoitus tehdä
- käytettävä ilmatila
- riskianalyysi
- lennon taltiointi ja saatavat tulokset

Ilma-aluksella on aina päällikkö, joka vastaa lennon toteuttamisesta. Yksinkertaisissa lennätystehtävissä päällikkönä toimii yleensä ilma-aluksen kauko-ohjaaja. Ilma-aluksen päällikön tulee huolehtia seuraavista asioista:

- Ilma-aluksen kunto ja soveltuvuus tehtävään
- Kauko-ohjauspaikan valinta
- Säätilan tarkkailu
- Ilmatilan tuntemus ja tilanteen tarkistaminen
- Tarvittaessa yhteydenpito lennonjohtoon
- Muun miehistön perehdyttäminen ja osaamisen varmistaminen.

RPAS-toiminnassa vaaditaan kirjallinen riskianalyysi aina, kun lennätys tapahtuu yleisön päällä, tiheään asutun alueen yläpuolella tai BVLOS-lentona (OPS M1-32). Ammattikorkeakoulun lentotoiminnassa riskianalyysi suositellaan tehtäväksi aina ennen operaatiota. Riskianalyysissä käsitellään seuraavat aihealueet:

- Lentoesteet
- Näkyvyyden rajoitteet
- Elektroniset häiriötekijät
- Lentopaikalla tapahtuva muu toiminta
- Lentopaikan turvallisuus
- Liikenteenohjauksen tarve
- Säätila
- Lentotehtävän vaativuus
- Miehistön pätevyys

Hyvinkään kohteessa oli melko vähän riskejä. Kohteessa piti kuitenkin huomioida esim. korkeat puut riittävällä lentokorkeudella, ja huolehtia siitä että kone on koko lennon ajan nähtävissä (VLOS).

Suoristeltava lennättäjän varustus:

- Huomioliivi
- Kypärä tai muu suojaava päähine
- Suojalasit tai aurinkolasit
- Sään mukainen vaatetus
- Toiminta- ja käyttöohjeet

- Mobiililaite lennonvalmisteluun

Varusteet kauko-ohjauspaikalla:

- Laitteisto kuljetusvälineineen
- Tarvikkeet alueen eristämiseen (kartiot, lippusiima tms.)
- Sammutin ja ensiapuvälineet
- Lentoonlähtöalusta (mikäli maasto on epätasaista)

Lennon valmistelu kauko-ohjauspaikalla on helpompi tehdä, kun ennakkovalmistelu on tehty jo ennen lentopaikalle saapumista, ilmatila on selvitetty ja säätila tarkastettu. Myös mahdolliset lennon suorittamiseen liittyvät riskit on kartoitettu karttatiedustelun yhteydessä. (Lientola, 2019a)



## 4 TULOSTEN ESITTELY

### 4.1 Ilmakuvat ja videot

Ensimmäinen kuvauslento tehtiin 8.2.2020 klo 13.00-14.00. Ennen kuvauskohteeseen siirtymistä ladattiin laitteiden akut täyteen, katsottiin säätietoja, ja tehtiin riskiarviointia. Lisäksi katsottiin droneinfosta tietoja kohteen ilmatilasta. Sää oli pilvinen ja sumuinen, lämpötila nollan tienoilla, ja tuulta noin 2-3 m/s. Sumusta huolimatta päätettiin lähteä kokeilemaan kuvaamista, koska sää oli muilta osin sopiva lentämiseen.

Kohteessa etsittiin ensin sopiva kauko-ohjauspaikka sekä lähtöpaikka ilma-alukselle. Pihaan johtava asfalttipäällysteinen tie oli tasainen ja tukeva lähtöalusta ilma-alukselle. Tämän jälkeen valmisteltiin RPAS-laitteisto lentovalmiuteen. Sää oli edelleen pilvinen ja sumuinen, joten kameras valkotasapainoksi asetettiin cloudy. Kun laitteisto ja asetukset olivat kunnossa, voitiin kone käynnistää ja nostaa ilmaan.

Ennen varsinaista kuvauslentoa kokeiltiin, että kone ja kauko-ohjaus toimivat normaalisti. Tämän jälkeen voitiin nousta haluttuun korkeuteen ja aloittaa kuvaaminen. Sallittu lentokorkeus oli 150 m, ja kuvauslennoilla käytettiin noin 50-100 m korkeutta. Videokuvauksissa tehtiin suoria edestakaisia ylilentoja kohteen yläpuolella, sekä kierrettiin kohde ympäri. Näin saatiin kuvattua koko alue eri suunnista.

Runsas sumu aiheutti epätarkkuutta kuviin (Kuva 6). Sumuinen ilma ei kuitenkaan vaikuttanut näkyvyyteen lennon aikana, eli kone oli nähtävissä koko lennon ajan. Lennot menivät suunnitelmien mukaan, mutta sumun aiheuttaman epätarkkuuden vuoksi tarvittiin vielä uusi lento paremmalla säällä.



Kuva 6. Sumuinen ilmakeku kohteesta (Jääsärö, 2020b).

Toinen kuvauslento tehtiin 13.2.2020. Ennen kohteeseen menoa tehtiin samat toimenpiteet kuin ensimmäisenä lentopäivänä. Sää oli puolipilvinen, lämpötila hieman pakkasen puolella, ja tuulta 2-3 m/s. Mahdollisuus onnistua kuvauksissa oli suurempi kuin ensimmäisellä kerralla.

Kohteessa jouduttiin odottamaan noin puoli tuntia käynnissä olleiden louhintatöiden päättymistä. Työssä käytettiin räjähteitä, mitkä aiheuttavat mm. paineaallon, jonka arveltiin pahimmassa tapauksessa vaikuttavan ilma-alukseen. Louhintatöiden päätyttyä oli turvallista taas lentää.

Kauko-ohjauspaikaksi sekä ilma-aluksen lähtöpaikaksi valittiin samat paikat kuin edellisellä kerralla. Sää kirkastui juuri ennen lennon aloittamista, joten valkotasapainoksi valittiin sunnuntai. Muut asetukset pidettiin samoina kuin ensimmäisillä lennoilla. Nyt pystyttiin kuvaamaan hieman korkeammalta kirkkaan sään ansiosta, joten saatiin otettua kuvia missä näkyy kohde laajemmin. Kuvien lisäksi otettiin jälleen videokuvaa ja tehtiin kartoituslento. Lennot onnistuivat hyvin ja kuvista tuli selkeitä poutaisen sään ansiosta (Kuva 7).



Kuva 7. Ilmakuva kohteesta (Jääsärö, 2020c).

Lentojen jälkeen kuvat siirrettiin ilma-aluksen muistikortilta tietokoneelle. Kuvat siirtyvät hyvin nopeasti, jonka jälkeen ne voidaan tallentaa haluttuun kansioon. Jos kuvia on paljon, kannattaa ne arkistoida huolellisesti. Esimerkiksi videot, kuvat ja kartoituskuvat kannattaa laittaa omiin kansioihin. Jos kartoituslentoja on useampi, kannattaa nekin erotella toisistaan. Tämä helpottaa kuvien jatkokäsittelyä huomattavasti. Tietokoneella voidaan tarkastella kuvien laatua, muokata niitä jos on tarvetta, ja lähettää kuvat esim. suunnittelijalle. Kartoituslentojen kuvat käsitellään erikseen esim. Maps Made Easy palvelussa, jossa kuvista saadaan tuotettua mm. ortokuva.

#### 4.2 Ilmakuva suunnitelman pohjakuvana

Ilmasta otettu kuva voidaan viedä suunnitteluohjelmaan ja käyttää suunnitelman pohjakuvana. Kuva ei ole mittatarkka kameran aiheuttaman vääristymän vuoksi, ja siksi esim. ortokuva on parempi pohjakuvana. Ilmakuva voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi pihan luonnostelussa ja ideoinnissa. Tässä työssä käytettiin Vectorworks ohjelmaa. Vectorworksiin voidaan viedä monia eri tiedostomuotoja, kuten GIF, JPEG ja TIFF. Kuvatiedosto saadaan vietyä Vectorworksiin seuraavalla tavalla:

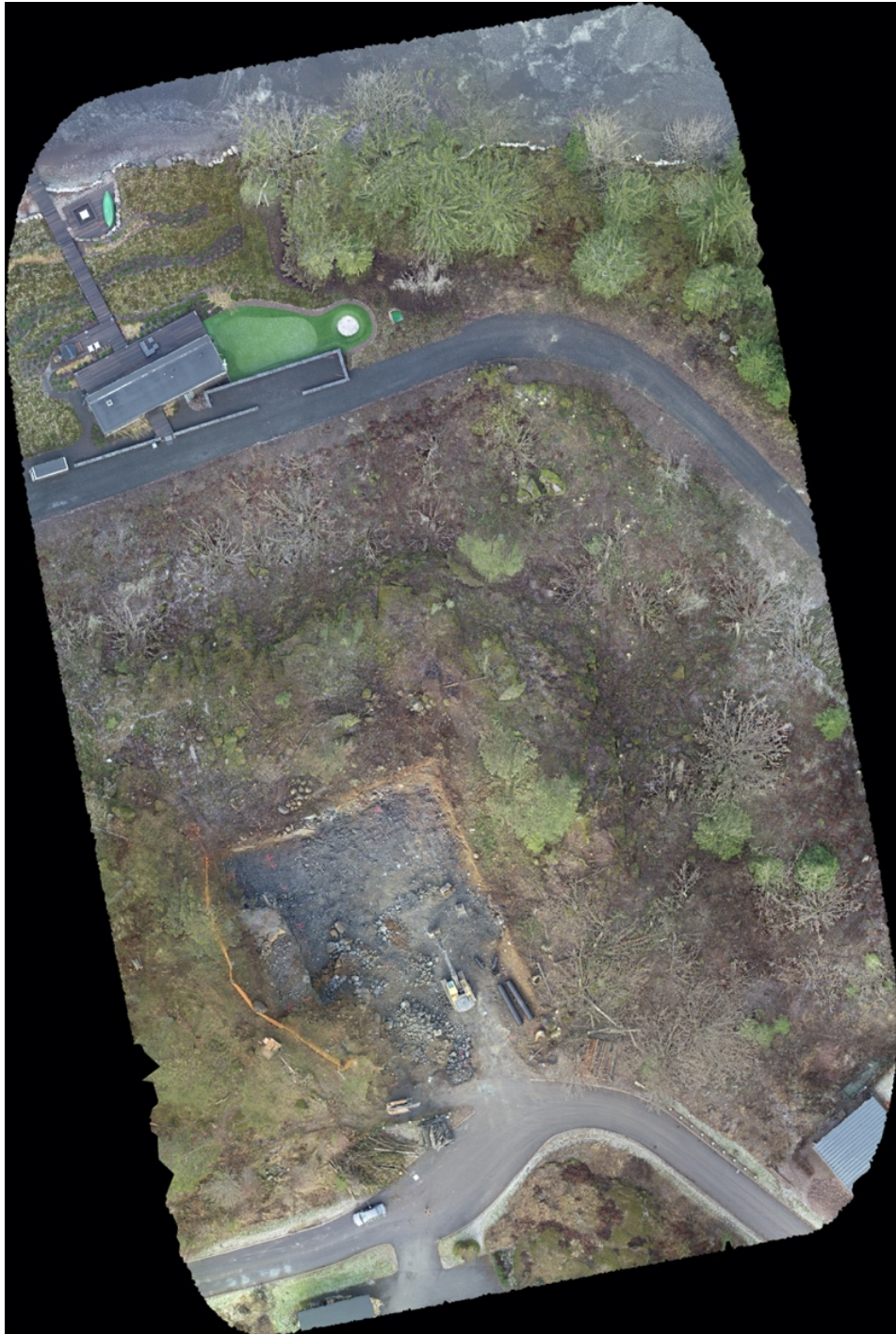
1. Valitaan File, Import, Import Image File...
2. Etsitään oikea kuvatiedosto tietokoneelta ja avataan se (open)
3. Avautuneesta ikkunasta valitaan pienin tiedosto



Asetusten jälkeen valitaan millä tyylillä ilma-alus lentää kartoituslennon. Tässä työssä käytettiin Grid-tyyliä, missä kone lentää kartoitusalueen läpi sivulta toiselle, ottaen samalla kuvia tietyin väliajoin. Seuraavaksi varmistetaan, että kartan sijaintitiedot ovat oikeat ja ilma-alus nähdään kartalla. Karttapohjalle suunnitellaan kartoitettava alue, jonka jälkeen lento voidaan suorittaa. Kuvat tallentuvat ilma-aluksen muistikortille, mistä ne voidaan siirtää tietokoneelle jatkokäsittelyä varten.

Ortokuvan tuottamiseen on käytetty Maps Made Easy verkkosovellusta. Kartoituskuvauksessa otetut kuvat ladataan sovellukseen ja se tekee kuvista ortokuvan (Kuva 9). Tähän prosessiin menee yleensä useampi tunti, riippuen kuvien määrästä. Valmis ortokuva voidaan tallentaa omalle tietokoneelle ja viedä esimerkiksi suunnitteluohjelmaan.





Kuva 9. Ortokuva (Maps Made Easy, 2020).

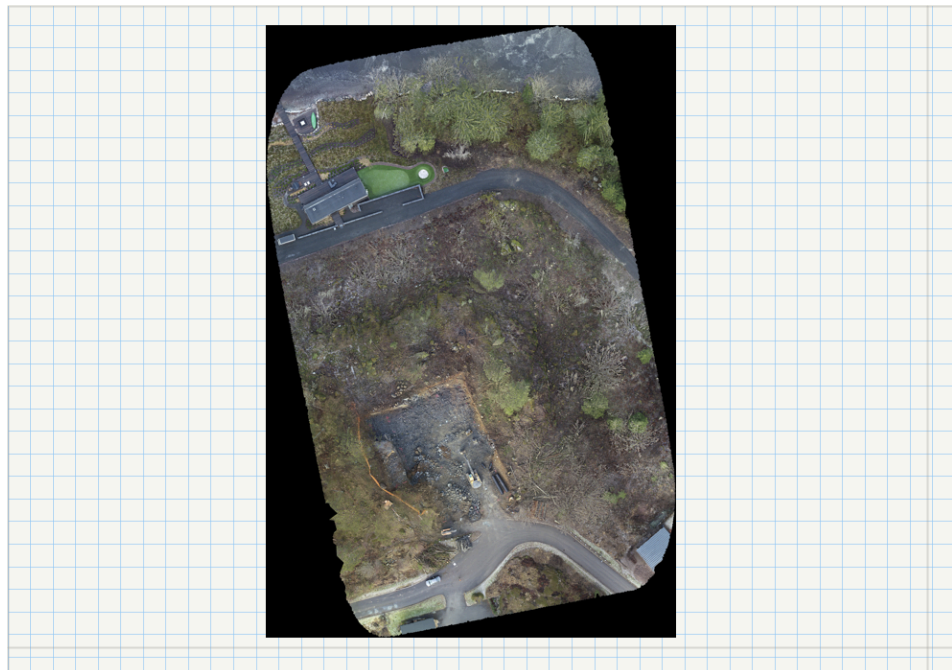
#### 4.4 Ortokuva suunnitelman pohjakuvana

Ortokuva voidaan viedä suunnitteluohjelmaan ja käyttää suunnitelman pohjakuvana (Kuva 10). Ortokuvasta oli olemassa JPEG tiedosto, mikä ladattiin Maps Made Easy -sovelluksesta tietokoneelle. Kuvatiedosto saadaan vietyä Vectorworksiiin seuraavalla tavalla:

4. Valitaan File, Import, Import Image File...
5. Etsitään oikea kuvatiedosto tietokoneelta, esim. Ortokuva.jpg ja avataan se (open)
6. Avautuneesta ikkunasta valitaan pienin tiedosto, esim. JPEG 17,22 MB ja painetaan OK

Tämän jälkeen kuva pitää skaalata oikean kokoiseksi, jotta siinä on oikeat mittasuhteet. Skaalaus onnistuu helposti kun kohteesta tiedetään jokin oikea mitta. Paikan päällä mitattiin saunarakennuksen päätyseinä, ja sen mitta vietiin Vectorworksiiin. Tämä tehdään seuraavalla tavalla:

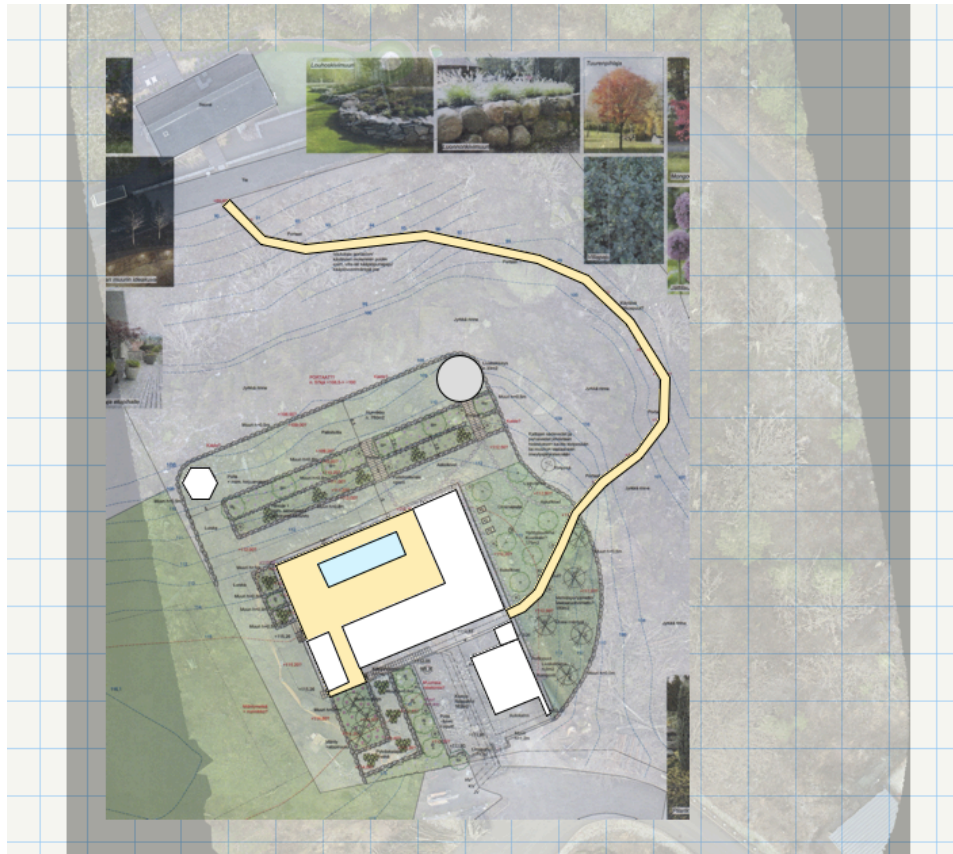
1. Valitaan Modify, Scale Objects...
2. Valitaan Symmetric By Distance ja sieltä Current Distance kohdasta mittatyökalu, jolla mitataan kohde mistä on mitta tiedossa. Kuvaa suurennetaan tarpeeksi, jotta saadaan mitattua kohteen kulmapisteet tarkasti.
3. Mittaustulos tulee näkyviin kohtaan Current Distance, ja oikea maastossa mitattu mitta kirjoitetaan kohtaan New Distance. Tämän jälkeen painetaan OK ja kuva skaalautuu oikeisiin mittoihin.



Kuva 10. Ortokuva Vectorworks-suunnitteluohjelmassa (Jääsärö, 2020e).

Kun halutaan saada esimerkiksi rakennuksia sijainniltaan oikeaan paikkaan, voidaan Vectorworksiin tuoda ortokuvan lisäksi muuta aineistoa. Tässä työssä tuotiin ortokuvan alle kohteesta tehty luonnos ja skaalattiin se yhdenmukaiseksi ortokuvan kanssa (Kuva 11). Tekemällä ortokuvasta läpinäkyvä, saadaan sen alla oleva luonnos näkyville. Sen jälkeen voidaan piirtää luonnoksesta halutut asiat, esim. rakennukset paikoilleen. Piirretyt asiat tulevat ortokuvan päälle samalle layerille (Kuva 12). Piirroksille voidaan tehdä myös omia layereita.

Piirtämisen lisäksi voidaan ortokuvasta tehdä erilaisia mittauksia, kuten etäisyyksien, pinta-alojen, ja esim. Pix4Dmapper ohjelmassa tilavuuksien mittausta 3D ympäristössä. 3D kuvasta voidaan tarkastella myös kohteen profiilia pyörittelemällä sitä eri suuntiin (Kuva 13). Tässä työssä keskitytään kuitenkin enemmän 2D kuviin, sillä suunnitelmat tehdään perinteisesti kaksiulotteisena.

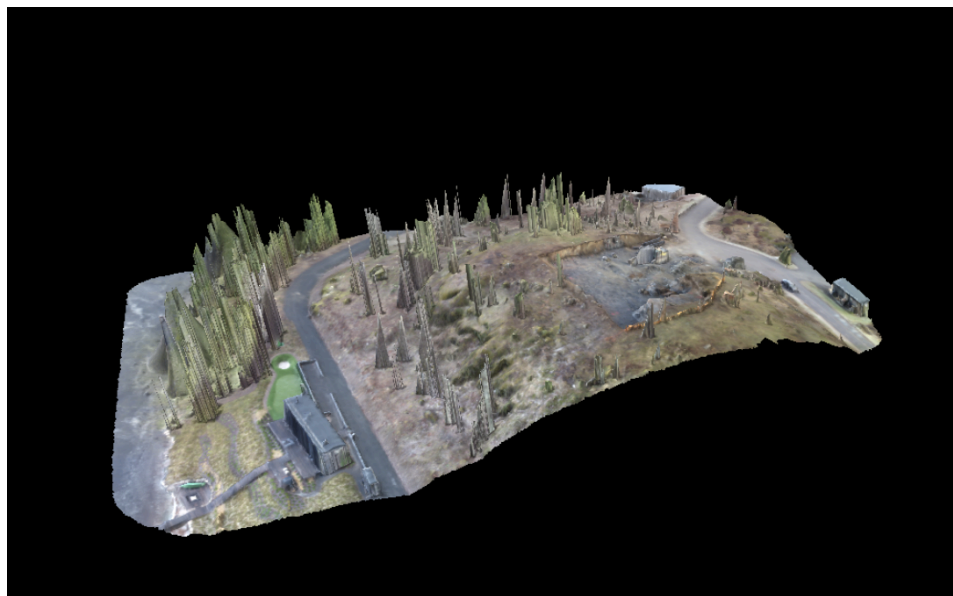


Kuva 11. Ortokuva ja luonnos päällekkäin (Jääsärö, 2020f).





Kuva 12. Piirtämistä ortokuvan päälle (Jääsärö, 2020g).



Kuva 13. 3D kuva, tehty Pix4Dmapper -ohjelmalla (Jääsärö, 2020h).

#### 4.5 Yhteenveto tuloksista

Kuvia ja videoita voidaan hyödyntää

- suunniteltavan kohteen yleiseen hahmottamiseen (Nähdään kohde laajasti)
- tontin rajojen hahmottamiseen
- ympäristön hahmottamiseen (Mitä kohteen ympärillä tapahtuu)
- ajo- ja kulkuväylien hahmottamiseen
- rakennusten sijainnin hahmottamiseen
- kasvillisuuden määrän tarkastelussa (esim. olevat puut)
- kasvillisuuden laadun tarkastelussa (esim. havupuut ja lehtipuut)
- pohjakuvana suunnitelman luonnostelussa
- työvaiheiden suunnitteluun toteutusvaiheessa
- työvaiheiden seuraamiseen toteutusvaiheessa
- yleiseen laadun tarkkailuun toteutusvaiheessa (esim. muodot)
- markkinointiin (esim. kuva tai video valmiista pihasta nettisivuille)

Ortokuvaa voidaan hyödyntää

- suunnitteluohjelmassa (esim. Vectorworks) suunnitelman pohjakuvana
- suunnittelukohteen yleisessä tarkastelussa (tontin rajat, rakennukset, kasvillisuus, ympäröivä luonto, vesistöt, maantieteellinen sijainti)
- etäisyyksien mittauksessa
- pinta-alojen mittauksessa
- tilavuuksien mittauksessa
- korkeusmittauksessa (Vaatii kehittyneemmän dronen tai muuta mittauskalustoa tueksi)
- kohteen kolmiulotteisessa hahmottamisessa

Suunnittelu hortonomi Helga Anderssonin mielestä DJI Phantom 4 pro:n tyyppinen kuvauskohti toimii parhaiten kohteissa, missä on vähän olevaa kasvillisuutta aiheuttamassa peitteisyyttä kuviin. Lisäksi alueen tulisi olla melko tasainen, sillä suuria korkeuseroja ei pystytä mittaamaan ilman mittauskalustoa. Sopivaksi kohteeksi Andersson mainitsee tasaisella ja aukealla alueella sijaitsevan uudisrakennuskohteen. Lisäksi hän toteaa, että dronesta ei ole hyötyä pienissä rivitalopihoissa, sillä ne voidaan mitata vaikka mittanauhalla. Isompien tonttien kartoituksessa dronesta voi olla kuitenkin apua, varsinkin silloin kun kohteesta on puutteelliset lähtötiedot. Lisäarvoa tuo Anderssonin mukaan mm. isojen kivien näkeminen ilmakuvissa, sillä niitä ei yleensä mitata maastossa. Lisäksi kuvista näkee koko tontin, kun taas mittauksessa ei mitata kuin tietty alue tontista. (Andersson, 2020a)

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuva- ja videoaineiston tuottaminen DJI Phantomilla on helppoa ja jatkokäsittely nopeaa. Kuvat ja videot saadaan nopeasti lähetettyä eteenpäin esimerkiksi työntekijöille, työnjohdolle, suunnittelijalle tai asiakkaalle. Ilmakuvista voidaan tarkastella asioita laajemmin kuin perinteisistä kuvista, ja ne toimivat parhaiten pihan ja ympäristön yleisessä hahmottamisessa ja havainnoinnissa. Kuva voidaan viedä myös suunnitteluohjelmaan pohjakuvaksi.

Ortokuvan tuottaminen on helppoa, mutta vie enemmän aikaa kuin kuva ja videoaineiston tuottaminen ja käsittely. Ortokuva toimii kuitenkin paremmin pohja-aineistona suunnitteluohjelmassa kuin normaali ilmakuva, ja siitä voidaan tehdä myös mittauksia. Ortokuva on verrattavissa perinteiseen kartta-aineistoon. Kun tekniikka kehittyy, saadaan kuvista varmasti vielä tarkempia ja myös mittaustarkkuus paranee.

RPAS toiminta on tiukasti säädeltyä, ja vastaan voi tulla alueita missä ei voida lentää lainkaan. Näitä ovat mm. lentokenttien läheisyydessä olevat paikat. Myös yksityisyys pitää huomioida, kun lennetään tiheästi asutetun alueen yläpuolella. Lentotoiminnalla ei saa häiritä naapureita tai ulkona liikkuvia ihmisiä, ja turvallisuus on otettava aina huomioon. Rakennustyömaalla lentäessä pitää huomioida muut työntekijät ja heidän turvallisuutensa sekä varmistaa, ettei mikään muu laite aiheuta häiriötä RPAS laitteeseen (esim. muut satelliittivastaanottimet).

Sää voi olla myös rajoittavana tekijänä RPAS toiminnassa. Se missä sääolosuhteissa pystytään lentämään riippuu käytössä olevasta kalustosta. Esimerkiksi DJI Phantomilla ei suositella lentämistä sateessa tai kovassa tuulessa. Huono sää vaikuttaa myös kuvien laatuun. Lumi aiheuttaa myös peitteisyyttä kuviin ja voi vääristää maaston muotoja.

Puut ja muu kasvillisuus aiheuttavat peitteisyyttä kuviin, ja puiden latvusten alla olevia asioita ei pystytä näkemään suoraan ylhäältäpäin otetuista kuvista. Peittoon voi jäädä tärkeitä asioita ja kuvien tulkinta on hankalaa. Myös maanpinnan muotoihin voi tulla vääristymiä kasvillisuudesta.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että RPAS-laitetta pystytään hyödyntämään pihasuunnittelussa. Laite ei kuitenkaan sovellu jokaiseen kohteeseen, ja se mitä tekniikkaa milloinkin käytetään, voidaan päättää tapauskohtaisesti. RPAS-laite ei vielä yksinään korvaa mitään laitetta, mutta sillä voidaan täydentää muita tiedonhankintaan liittyviä menetelmiä. Dronella voidaan esimerkiksi kuvata koko tontti, ja täydentää tietoja myöhemmin ottamalla tarkempia mittoja maastossa. Nämä kaikki voidaan yhdistää samaan tiedostoon, jolloin saadaan täydennettyä pohja-

aineistoa. Ilma-aluksella päästään myös kuvaamaan paikkoihin, joihin ei muuten päästäisi.

Työtä olisi ollut mielenkiintoista jatkaa tutkimalla RPAS-laitteen soveltuvuutta mittaustyöhön. Tilaajan toiveena oli saada korkeustietoja kohteesta, mutta se olisi vaatinut parempaa perehtymistä korkeusmittaukseen. Täydellinen RPAS-laite pihasuunnitteluun olisi sellainen, millä voidaan kuvaamisen lisäksi tuottaa luotettavia ja riittävän tarkkoja mittaustiedostoja.

RPAS-laitteen hyötyjä ovat

- helppokäyttöisyys (lentäminen, kuvaus, kuvien käsittely)
- kuvaus paikoissa joihin ei muuten päästäisi (esim. hankala maasto)
- kuvien ja videoiden nopea käsittely
- laadukkaat ilmakuvat ja videot
- mahdollisuus käyttää kuvia suunnitteluohjelmassa
- tontin kuvaus ja kartoitus halutulla laajuudella

RPAS-toimintaa rajoittavia tai hankaloittavia asioita ovat

- kasvillisuuden aiheuttama peitteisyys kuvissa
- lainsäädännön asettamat lentorajoitukset
- hankalat sääolosuhteet
- muista laitteista aiheutuvat häiriöt

## LÄHTEET

Andersson, H. (2020). Henkiökohtainen tiedonanto puhelimitse 27.2.2020.

Andersson, H. (2020a). Henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 19.4.2020.

Andersson, H. (2019). Kuva 3. Luonnos.

Droneinfo (2020). EU dronesäännöt. Haettu 24.2.2020 osoitteesta [https://www.droneinfo.fi/fi/eu\\_dronesaannot](https://www.droneinfo.fi/fi/eu_dronesaannot)

Droneinfo (2019). Lentotyö. Haettu 24.2.2020 osoitteesta <https://www.droneinfo.fi/fi/lentotyö>

Eskola, R. & Peltoniemi, H. (2011). *Viherympäristön mittaustekniikka ja paikkatieto*. Helsinki: Viherympäristöliitto ry

Haggrén, H. (2002) & Honkavaara, E. (2005). Orto-kuvien tuottaminen. Haettu 26.3.2020 osoitteesta [https://foto.aalto.fi/opetus/220/luennot/7/L7\\_2005.pdf](https://foto.aalto.fi/opetus/220/luennot/7/L7_2005.pdf)

Hyvinkää (2020). Yleistietoa Hyvinkästä. Haettu 17.3.2020 osoitteesta <https://www.hyvinkaa.fi/kaupunki-ja-hallinto/hyvinkaatietaa/>

Jääsarö, J. (2020). Kuva 2. DJI Phantom 4 Pro.

Jääsarö, J. (2020a). Kuva 5. DJI Phantom 4 Pro kamera.

Jääsarö, J. (2020b). Kuva 6. Sumuinen ilmakehä kohteesta.

Jääsarö, J. (2020c). Kuva 7. Ilmakehä kohteesta.

Jääsarö, J. (2020d). Kuva 8. Luonnostelua ilmakehän päälle.

Jääsarö, J. (2020e). Kuva 10. Ortokuva Vectorworks-suunnitteluohjelmassa.

Jääsarö, J. (2020f). Kuva 11. Ortokuva ja luonnos päällekkäin.

Jääsarö, J. (2020g). Kuva 12. Piirtämistä ortokuvan päälle.

Jääsarö, J. (2020h). Kuva 13. 3D kuva. Tehty Pix4Dmapper -sovelluksella.

Kanniainen, M. (2018). *RPAS-mittaus infrarakentamisessa*. Opinnäytetyö. Rakennettu ympäristö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 23.1.2020 osoitteesta

<https://www.theseus.fi/>

Lahti, J. (2020). Talo Peltokorpi Hyvinkää. Sähköpostiviesti suunnittelijalle 17.3.2020.

Lientola, E. (2019). Kauko-ohjatut ilma-alukset biotaloudessa – moduulin verkkoaineisto, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Johdanto miehittämättömään ilmailuun. Haettu 25.2.2020 osoitteesta

<https://moodle.hamk.fi/>

Lientola, E. (2019a). Kauko-ohjatut ilma-alukset biotaloudessa – moduulin verkkoaineisto, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Lennon valmistelu ja toteutus. Haettu 26.3.2020 osoitteesta

<https://moodle.hamk.fi/>

Maanmittauslaitos (2020). Kartat ja paikkatieto, maastotietokanta-karttojen perusta. Haettu 11.3.2020 osoitteesta

<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/kartat/maastotietokanta-karttojen-perusta>

Maanmittauslaitos (2020a). Kartat ja paikkatieto, ortokuva. Haettu 16.3.2020 osoitteesta

<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/ortokuva>

Maps Made Easy (2020). Kuva 9. Ortokuva. Haettu osoitteesta

<https://www.mapsmadeeasy.com/>

Pihakorento (2020). Pihasuunnittelu. Haettu 19.3.2020 osoitteesta

[www.pihakorento.fi](http://www.pihakorento.fi)

Plusarkkitehdit (2019). Kuva 2. Asemapiirros.

Plusarkkitehdit (2020). Yritys. Haettu 17.3.2020 osoitteesta

<https://www.plusarkkitehdit.fi/yritys/>

Virtanen, K. (2015). Asuin ympäristön suunnittelu ja rakenteet – moduulin verkkoaineisto, Moodle. Haettu 3.2.2020 osoitteesta

<https://moodle.hamk.fi/>



## LENTOTOIMINTAA KOSKEVA TARKISTUSLISTA

Suunnittelu - Ennen lähtöä		
Lentotehtävän suunnittelu	Lennon tarkoitus ja tavoite, kuvamateriaalin vaatiman lentoradan suunnittelu	
Riskien kartoittaminen	GPS dead spots, etäisyydet, maasto, ympäristö, muuttuvat tekijät (koirat yms)	
Ilmatilan kartoittaminen	Turvallinen lentokorkeus, RTH-korkeuden määrittäminen, yhteys lennonjohtoon tarvittaessa	
Alkuvalmistelut - Ennen lähtöä		
Tabletin akun lataus täysi		
Kauko-ohjaimen akun lataus täysi		
Kopterin ulkoinen kunto ok		
Muistikortti paikallaan		
Kopterin akku ladattu ja paikallaan		
Lentovalmistelut - Paikan päällä		
Riskianalyysin tekeminen	kirjallisena jos yleisöä tai asutusta	
Kiinnitä tabletti kauko-ohjaimeen ja yhdistä johto		
Käynnistä kauko-ohjain ja tabletti		
Tabletin Fly Mode (lentotila) päällä	Lentotilassa ei tule muita häiriöitä	
Tabletin ruudun auto-lock -asetus pois päältä		
Tabletin äänet täysillä		
Käynnistä tabletin DJI GO -ohjelma		
Suuntaa kauko-ohjaimen antennit	Suoraan ylöspäin - parhaimman yhteyden saavuttamiseksi suuntaa kauko-ohjain aina kopteriin päin	
Tabletin kiinnitys kauko-ohjaimeen tukeva		
Kauko-ohjaimen lentotilan kytkein P-mode:ssa		
Gimbaalin suojan poisto		
Potkureiden kiinnittäminen ja pidon tarkistus	Potkurit kiinnitetään painamalla niitä hieman ja pyöryttämällä (valkoiset vasemmalle, mustat oikealle). Potkurit ovat tukevasti kiinni silloin, kun niitä kevyesti painaessa ne ponnahtavat takaisin ylös.	
Kopteri tukevalla alustalla, akku kauko-ohjaajaan päin		
Kopterin käynnistys	painallus ja pitkä painallus	
Return-to-home -asetuksen säätö	Riittävä tehtävän kannalta; 40-50m, mittaus korkeimmasta pisteestä	
Maksimikorkeuden säätö	Alle 150m	
Maksimietäisyyden säätö	Tehtävän kannalta riittävä	
Kompassin kalibrointi tarvittaessa	Jos liikuttu yli 50km tai ohjelman pyytäessä	
Kopterin lentovalmiuden tarkastus	Ready to fly - GPS	
Home pointin tarkastus	piste on kartalla, siinä missä kauko-ohjaaja.	

Lentoon lähtö		
Lentoalue esteetön ja alue eristetty	ei esteitä ja ulkopuoliset pois alueelta	
Safe-to-fly : vihreä		
Satelliittien määrä : riittävä	Vähintään 8 satelliittia	
Signaali : riittävä	Vähintään 4 pylvästä	
Kopterin statusvalot palavat tai vilkkuvat vihreänä		
Kopterin nosto ilmaan	Pään yläpuolelle	
Kopteri stabiilisti paikallaan	Tasapainossa, liikkumaton	
Home pointin -asetus kartalla ok		
Ohjain toimii	Kopteri vastaa ohjaukseen	
Kamera toimii	Vastaa ohjaimen käsittelyyn, kääntyy sulavasti	
Kartta päivitty		

Laskeutuminen		
Laskeutumisalue esteetön ja alue eristetty	ei esteitä eikä ulkopuolisia	
Laskeutumisen aloittaminen - ilmoitus	kerro muille että laskeudut	
Tuulen suunta tarkastettu		
Kopterin suunta, akku itseensä päin	ohjaus toimii laskeutuessa loogisesti	
Gimbaali nostettu yläasentoon	Kamera osoittaa vaakatasossa suoraan eteenpäin	
Laskeudu		
Lennätyksen päättymisen	lennätys päättyy kun kopterista virta pois	

Lennon jälkeen		
Kopterin virta katkaistu		
Kauko-ohjaimen virta katkaistu		
Kopterin ulkoinen kunto ok		
Tiedot kirjattu lennätyspäiväkirjaan		
Alueen eristyksen purkaminen		
Potkurit irrotettu	jos tarpeen kuljettamisen ajaksi	
Gimbaalin suoja kiinnitetty		
Laitteiston pakkaaminen salkkuun		